

## ALID を用いた液状化による河川堤防の沈下対策に関する解析

関東学院大学 正会員 規矩大義  
 関東学院大学 正会員 木村竜大  
 関東学院大学 正会員 福永大輔

### 1. はじめに

現在の長大な堤防の多くは、古くから逐次強化を重ねてきた長い治水の歴史の産物であり、これまでの整備によって、堤防延長や堤防断面の確保については相当の整備がなされてきている。しかしながら、その構造は主に実際に発生した被災などの経験に基づいて定められてきたものであり、構造物の破壊過程を解析的に検討して設計されてきているものではない。そのため、堤防の安全性の確保が益々必要となってきた。そこで本研究では、円弧すべり法と ALID による沈下量予測の比較検討と、合理的な対策の施工法の検討を行った。

### 2. 実験方法

本研究では河川堤防の安全性照査をし、耐震性の検討を行った。検討内容は、単純な河川堤防と自然堤防を対象モデルとし、河川堤防の指針に従い、円弧すべり法による斜面安定解析で kh 法、 $\Delta u$  法による堤内側、堤外側の地震時安全率を求め、被害程度を沈下率で表現した。また、同じ断面に 2 次元液状化流動解析プログラム (ALID) を適用して、堤体の沈下量を照査し、結果の比較検討を行った。その結果を踏まえ、ALID で沈下量の照査を行わずに河川堤防の耐震性を評価する方法について検討し、その有効性を確認した。また、液状化に対する合理的な対策の施工法の検討を行った。

### 3. 実験結果と考察

単純な河川堤防に対して、液状化指数 PL と ALID、円弧すべり法による沈下量の関係を図 1、2 に示した。図 1 から、PL 値が増加するにつれて沈下量も大きくなり、右肩上がりの直線を描けることが見てとれた。ALID の解析結果では、PL 値が 5 前後では、河川堤防はほとんど沈下していないのがわかった。図 2 からは、kh 法、 $u$  法と共に PL 値が増加しても沈下量は一定にあることは指針からも明らかである。ただ PL 値 0~5 付近までは曲線を描け、その後沈下量が一定になる線が引けると考えられる。円弧すべり法では、PL 値が 5 前後でもある程度の沈下量が発生していることが分かった。各々の図を見るとそれぞれ特徴が出ているが、似たような傾向が表れているとは言い難い。

自然堤防の図は概要に載せていないが、ALID では図 5-1 のように、PL 値が増加するにつれて沈下量が大きくなり、右肩上がりの傾向が見てとれた。円弧すべり法は、kh 時では、PL 値が高くても沈下量はゼロを示していた。ゼロを示す点が多数存在したため、誤った点とは言い難い結果を得た。 $u$  法では、ALID の解析結果の 2 倍、又はそれ以上の沈下が発生する結果となった。kh 法、 $u$  法ともにはばつきが大きく、傾向は掴みにくい結果となった。

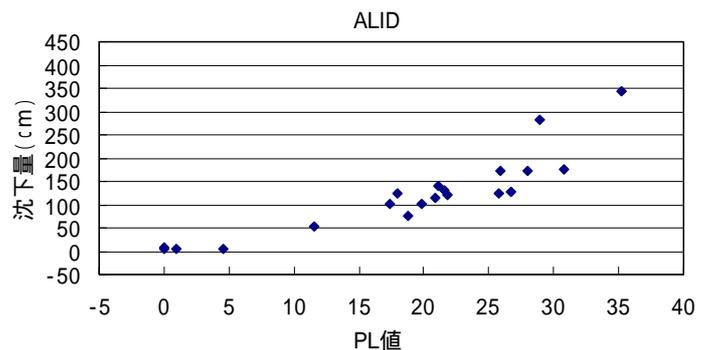


図 1. PL 値と沈下量の関係

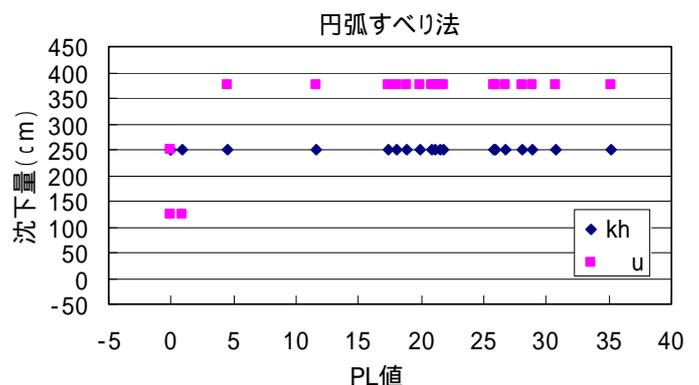


図 2. PL 値と沈下量の関係

キーワード 河川堤防, 液状化, 沈下, ALID

連絡先 〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学工学部 TEL 045-786-7148

ALID で沈下量予測を行い、得られた残留沈下量を沈下前の堤防高で除して求めた沈下率と kh 法、u 法の地震時安全率との関係を図 3、4 に示した。青い点は、円弧すべり法によって得られた kh 法、u 法の地震時安全率をもとに定められている沈下率をプロットした点である。また、それらの点の近似線も図に示した。図 3 から、多くのケースが近似線の周辺に集まっていることが見てとれた。ただ、安全率が 1 に近づくと沈下率が減少するような近似線を描くことは難しいと思われる。最も異なっていたことは、安全率が 1 を超えた値でも沈下率が大きく発生していることであった。30~40%の沈下率が発生しているのが見てとれた。図 4 からは、図 3 とは逆で近似線付近には一切集まってきていないことが見てとれた。全てのケースが近似線より上回っており、安全率ゼロを底辺に三角形を描けるような形になっていることがわかる。安全率が低くなればなるほど液状化が起きる可能性は高くなっていくのだが、図を見る限りではそのような傾向を見ることは難しい。安全率が低くても沈下率はゼロ%を示しているケースも見られ、全体としてばらつきの大い結果となった。

対策工に関する検討では、対策領域を一定にし、最も効率の良い対策となる物性値を模索した。対策領域の締固め後の相対密度と沈下量の関係を図 5 に示す。黄色のプロットは、上からそれぞれ天端、法肩の無対策のケースを示している。図 5 から、相対密度が高くなるに従い沈下量が減少しているのは明らかである。相対密度が 50~80%の範囲では沈下量が全く変わらないことから、締固めだけでは完全に沈下を抑制できないことがわかる。この他に、細粒分含有率と沈下量の関係、N 値と沈下量の関係の対策を行った。どの対策のケースも図 5 と同様に、ある一定の所から沈下量がほとんど変化しないという結果を得た。

4. 結論

円弧すべり法、ALID による河川堤防の沈下量予測の比較検討を行ったが結果の連続性はみられなかった。やはり円弧すべり法は 1 次スクリーニング、ALID は照査という位置づけが正しいようである。ALID で残留沈下量の解析を行うことで、河川堤防の耐震性の手量的な評価が可能である。対策工に関しては、相対密度、細粒分含有率、N 値など、相応の程度に達すれば沈下量を抑制することができるが、完全に沈下を食い止めることは難しい。ただし、沈下後の堤防高が津波遡上高より上回っていれば安全性は確保できる。その為の合理的な物性値は存在するはずである。

参考文献

1) 河川堤防の構造検討の手引き (平成 14 年 7 月) 財団法人国土技術研究センター

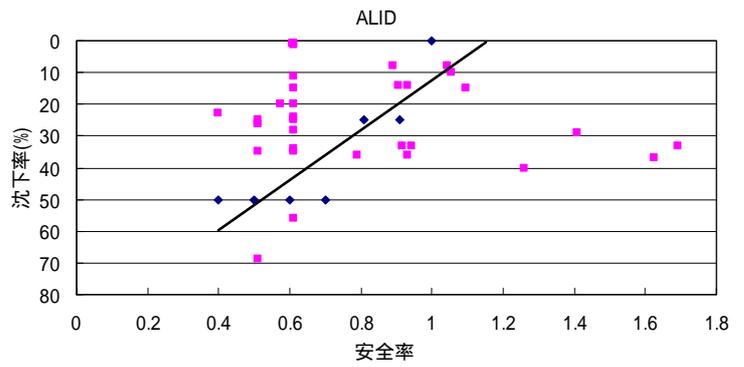


図 3 安全率と沈下率の関係

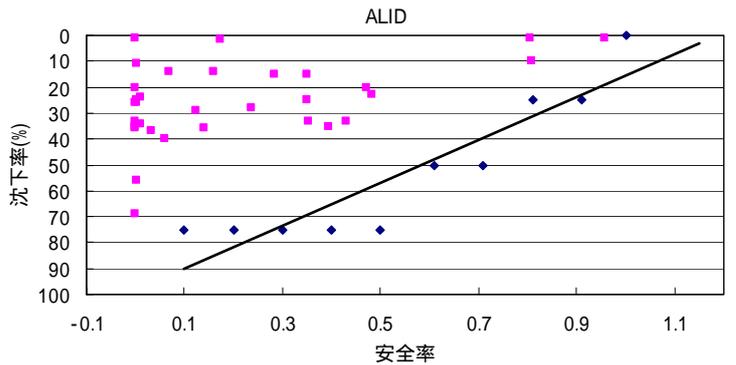


図 4 安全率と沈下率の関係

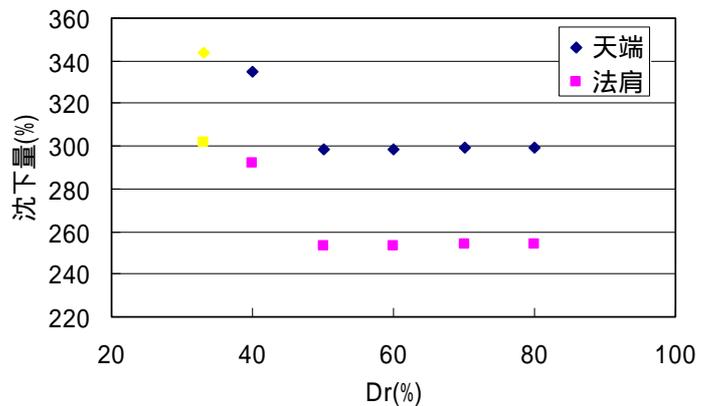


図 5 相対密度と沈下量の関係